

# **PEQUEÑOS PROYECTOS DE INGENIERÍA COMO ENSEÑANZA NO PRESENCIAL**

*Jordi Llumà, Manuel Manzanares, Julian Rodriguez, Albert Bordoy*

***Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)***

***Escola Universitaria d'enginyeria Tècnica Industrial (EUETIB)***

***c/ Comte d'Urgell 187 08036 Barcelona***

*jordi.lluma@upc.es*

## **Resumen**

La introducción de la enseñanza no presencial abre la posibilidad a nuevas formas de aprendizaje no dirigido. En el presente trabajo se presentan los resultados de plantear un pequeño proyecto de ingeniería (el diseño de una llanta para un vehículo de bajo consumo) como trabajo no presencial de un grupo de estudiantes.

El trabajo se plantea como un encargo de un cliente (profesor), con unas especificaciones del producto (prestaciones, tamaño de la serie y coste unitario máximo) y un plazo de desarrollo (3 meses) a un grupo de estudiantes que actúan como una ingeniería. El profesor también actúa como supervisor-asesor externo para encauzar o desatascar el trabajo, pero no generando soluciones.

Al final del trabajo, el proyecto se ha de defender ante el “cliente” y entregarle las especificaciones de diseño y de fabricación.

La experiencia ha resultado altamente motivadora para los estudiantes y les ha permitido obtener nuevas habilidades como ingenieros.

## **1. INTRODUCCIÓN.**

El cambio de tendencia en la formación universitaria, desde la enseñanza al aprendizaje, provoca un desplazamiento del motor de la actividad desde el profesor al estudiante. Esta nueva situación modifica los roles tradicionales de la formación y abre la ventana a un conjunto de nuevas actividades, en las cuales el profesor pierde parte del protagonismo a favor de los estudiantes.

Una de estas situaciones es el aprendizaje no presencial, donde, por definición, estudiantes y profesores no deben coincidir en lugar o tiempo, mientras se realice la actividad [1].

Este tipo de enseñanza permite una mayor flexibilidad horaria al estudiante y le obliga a ejercitar sus habilidades para la resolución de problemas, dándole una mayor destreza y seguridad. El resultado es un estudiante con mejor formación y mayor autonomía que previsiblemente se desenvolverá mejor en el mundo laboral.

En las enseñanzas técnicas el objetivo principal es formar ingenieros, que en el día de mañana llevarán a cabo los proyectos de ingeniería de nuestra sociedad. Así pues parece razonable incentivar las habilidades encaminadas hacia esta meta, y un buen punto de partida podría ser el desarrollo tutelado de pequeños proyectos, que permiten directamente fomentar las habilidades necesarias en la vida laboral y al mismo tiempo centrarnos en el aprendizaje no presencial.

## **2. SELECCIÓN DEL PROYECTO.**

El proyecto a plantear debe ser, sencillo, pues su objetivo no es poner a prueba las habilidades de los estudiantes, sino fomentar su práctica. Un proyecto demasiado complicado puede desalentar su ánimo, y uno de demasiado sencillo llevarles al tedio.

La magnitud del proyecto ha de ser pequeña, pues debe desarrollarse con los recursos disponibles. Por lo tanto, es preciso calibrar bien la dimensión del grupo de estudiantes que deberá realizar el proyecto, para no sobrecargarlo de trabajo. Además, necesariamente el plazo de tiempo de ejecución debe ser menor que el periodo lectivo (4 meses en la EUETIB), pues es precisa la evaluación del trabajo.

El tema del proyecto tiene que estar relacionado con el temario de la asignatura. En el caso de nuestro ejemplo la asignatura es “Tecnología de materiales cerámicos y compuestos”, por lo que ha priori el desarrollo de cualquier pieza, máquina o proceso con éstos materiales es apto. Un valor añadido importante al proyecto es el interés que los estudiantes puedan tener por el. Cuanto mayor sea el interés de los estudiantes por el tema, mayor será su predisposición inicial al trabajo y su voluntad para superar las dificultades. En la Ingeniería Técnica Industrial, especialidad Mecánica, el mundo del motor, el automóvil y la competición suele ser un tema de interés.

Por todos estos motivos, y aprovechando que en la EUETIB el grupo **Eco Enginys Escola Industrial (EEEI)** está desarrollando un vehículo de bajo consumo para la 20ª Shell Eco Marathon (carrera internacional de bajo consumo que se celebra anualmente en el circuito Paul Armagnac, en Nogaro, Francia) se planteó a un grupo de 8 estudiantes el desarrollo de una llanta para este vehículo.

## **3. PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO.**

El proyecto se plantea como un encargo de trabajo por parte de una empresa, que deberá resolverse durante un periodo lectivo.

Como encargo de ingeniería que es, el trabajo se presenta como un conjunto de especificaciones y condiciones a cumplir, y se exige una presentación del proyecto y un pliego de condiciones de fabricación.

El documento de encargo del proyecto se muestra en la figura 1.

### Diseño de una llanta.

La empresa **Eco Enginys Escola Industrial (EEI)** os encarga que diseñéis las llantas para su vehículo de bajo consumo “Centenari” con los siguientes criterios:

1. Coste inferior a 100 € entre materiales y procesos no realizables en la EUETIB.
2. Llanta aerodinámica (lenticular o similares) sin cámara (“tubeless”).
3. Mínimo peso.
4. A igualdad de peso máximo momento de inercia.

Los requisitos que debe de cumplir la llanta son:

Factor de seguridad de diseño	50%
Garantía del producto	1000 h en servicio o 2 años
Serie de fabricación	de 1 a 5 unidades
Deformación máxima en servicio	0.1 mm
Peso del vehículo en servicio	100 kg
Acceleración máxima del vehículo	2 m/s <sup>2</sup>
Giro máximo de las ruedas	8°
Velocidad máxima del vehículo	16.7 m/s
Neumáticos tipo	44 - 406 (20 x 1.75)
Presión nominal de hinchado del neumático	560 kPa

Para cualquier duda o información complementaria pueden solicitarla por correo electrónico a [eeei.euetib@upc.es](mailto:eeei.euetib@upc.es) o pasar por el taller de **EEI** (local SC04 de la EUETIB).

**Figura 1.- Especificaciones de diseño del proyecto.**

Como orientación a posibles soluciones del proyecto los estudiantes tienen acceso a las actuales llantas del vehículo. Éstas están realizadas con panel de abeja de aluminio en una versión y con estructura emparedada de fibra de carbono y espuma de policarbonato en otra.

También se les facilita una colección de fotografías de otros vehículos de esta competición, para que puedan observar diversas soluciones al diseño.

#### **4. DESARROLLO DEL PROYECTO.**

El proyecto se fue desarrollando de forma paulatina, y con bastante constancia en el tiempo, aunque el ritmo fue menor al principio (debido a la resistencia a iniciar algo desconocido) y hubo un acelerón final (al tratar de hacer lo máximo posible y lo mejor posible en un tiempo cada vez menor).

##### **4.1. Dificultades iniciales.**

La primera dificultad con el proyecto vino al instante: ¿Por donde empiezo? ¿Qué tengo que calcular? ¿Cómo nos organizamos? ¿Cuándo nos reunimos?

Efectivamente, nuestros estudiantes están bastante acostumbrados a afrontar problemas muy bien acotados: dado un conjunto de cargas bien definidas, calcular la deformación de una estructura, etc. Pero frente a problemas no tan especificados no reacciona tan bien. De hecho, no suelen desglosarlo en un conjunto de subproblemas bien acotados, ni suele afrontar estos subproblemas de forma paralela, sino en serie (uno detrás de otro). Tampoco procuran definir una estructura organizativa clara, sino que optan por estructuras autoorganizadas con liderazgo natural.

En consecuencia la primera tarea como asesor externo del profesor, suele ser desglosar el proyecto por partes y esbozar como se puede desarrollar cada una, sugerir una división del trabajo entre personas y el desarrollo en paralelo de actividades y fomentar la estructura organizativa del grupo.

Concretamente en este caso se sugirió la división del proyecto en 3 equipos: búsqueda de materiales y propiedades, búsqueda de neumáticos y su atalonamiento y resolución de las solicitudes de carga.

Los equipos se reunían semanalmente (al salir de clase) y intercambiaban información. El líder del proyecto reasignaba tareas o las reorientaba si era preciso.

##### **4.2. Dificultades en la búsqueda de información.**

La principal fuente de información de nuestros estudiantes es internet, a través de sus diversos buscadores generalistas. Raramente recurren a catálogos de empresas o a bases de datos especializadas. Este hecho provocó algunos problemas en el presente trabajo. Los primeros materiales que encontraron no estaban disponibles en España, y su coste de importación era prohibitivo al tener que importar cantidades apreciables de productos. Además, en la mayoría de páginas de información de materiales no estaban especificados los parámetros del material necesarios para el diseño de la llanta, y la mayoría de teléfonos y direcciones de correo electrónicas eran del extranjero. Como ninguno de los estudiantes dominaba el inglés, francés o alemán con fluidez, desestimaron ponerse en contacto con dichas empresas.

A raíz de estas incidencias, se reorienta la búsqueda de información a buscar empresas que puedan suministrar productos en España y que tengan un técnico

comercial que hable castellano, desencallando así la situación y obteniendo la información deseada. En algunos caso incluso se visitaron empresas cercanas a la EUETIB para facilitar el dialogo.

#### **4.3. Dificultades en la generación de aproximaciones.**

Otro problema de nuestros estudiantes es la exactitud. Cuando no pueden generar una solución exacta al problema, buscan constantemente métodos para hallarla, evitando entrar en aproximaciones y su inexactitud.

Concretamente para calcular las hipótesis de carga de la llanta, no podían decidirse por un conjunto finito de situaciones, ni por cuales de ellas eran más desfavorables.

A pesar de las sugerencias del profesor de hacer ciertas aproximaciones y de insinuar que era mejor una solución aproximada que una no solución exacta, el empeño del grupo continuó siendo la solución exacta.

Sólo al cabo de cierto tiempo, y ante la imposibilidad de hallar soluciones exactas se optó por tomar aproximaciones a las hipótesis de carga.

#### **4.4. Resolución de conflictos.**

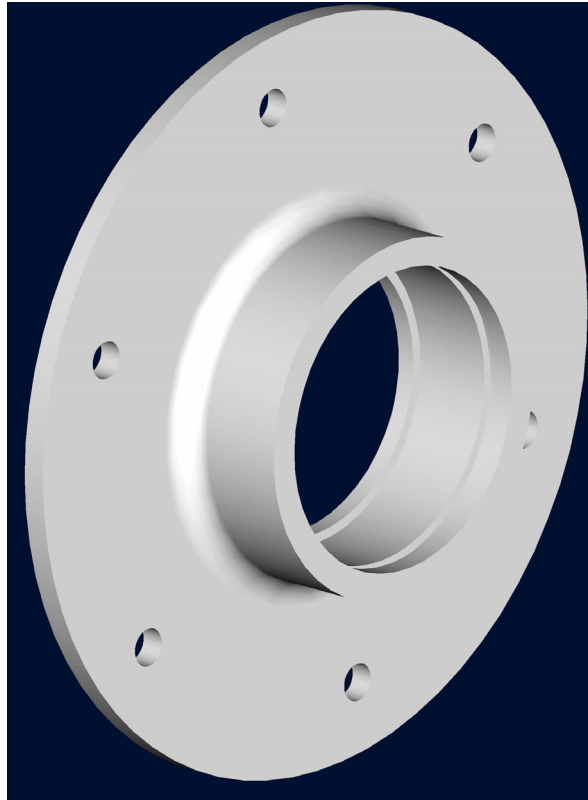
Debido a que los problemas que se plantean a los estudiantes durante su formación tienen siempre una solución coherente, éstos son muy reticentes a decir que no existe solución o a plantearse una modificación del enunciado para posibilitar una solución coherente.

En el caso del proyecto planteado, dos de las condiciones de las especificaciones del diseño era de difícil cumplimiento, o como mínimo difíciles de garantizar: la deformación máxima y la vida útil mínima. La dificultad estriba en que tanto la fatiga como la deformación acumulada de una estructura compleja de materiales compuestos son difíciles de calcular teóricamente, y se suele optar por la medida experimental de estos parámetros. Como dentro del proyecto era impensable la fabricación y ensayo del prototipo, los estudiantes optaron por otra solución.

A pesar de su tendencia a cumplir lo solicitado y no evaluar a priori su coherencia, el grupo optó convocar al cliente (profesor), exponerle el problema y sugerirle la opción de rebajar estas dos condiciones de requerimiento a deseo, de manera que el proyecto aún fuese realizable con los recursos disponibles. La exposición fue argumentada, serena y convincente, de modo que se aceptó el cambio condiciones.

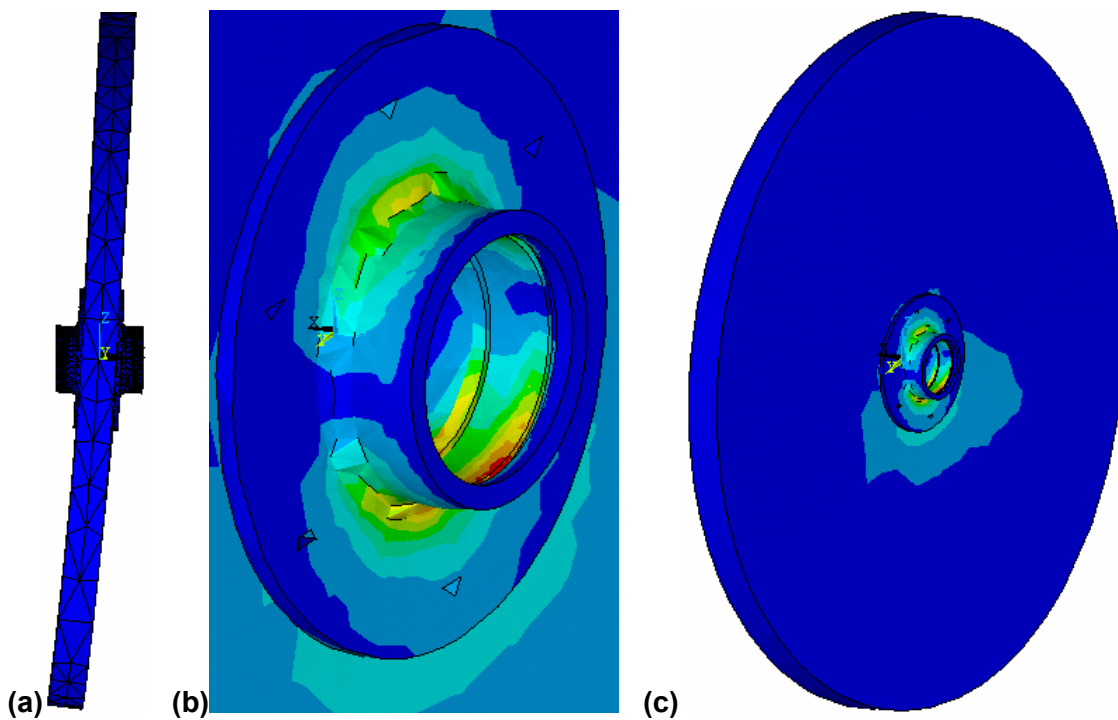
#### **4.5. Asimilación del proyecto.**

Una vez superadas las primeras dificultades, el grupo hizo suyo el proyecto, y empezó a trabajar de forma totalmente independiente. De hecho la motivación fue tal que excedieron los límites del trabajo y rediseñaron los bujes (figura 2) y

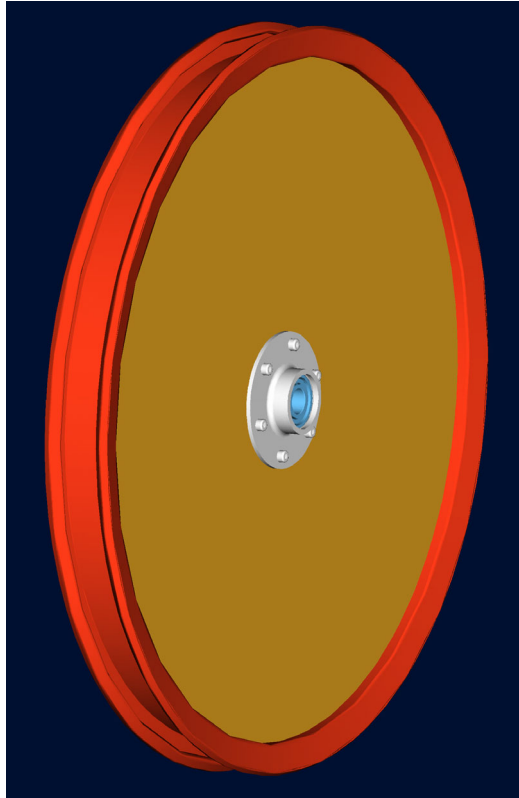


**Figura 2.-** Dibujo 3D de buje rediseñado.

simularon por elementos finitos el comportamiento de algunos elementos críticos (figuras 3a, 3b y 3c) para garantizar su correcto funcionamiento.



**Figura 3.-** Simulación de las deformaciones de la llanta (a) y las tensiones del buje(b) y el conjunto (c).



**Figura 4.-** Propuesta de llanta final.

## **5. RESULTADO.**

El trabajo llegó a su término en el periodo previsto, con un nivel de cumplimiento muy elevado y una alta satisfacción por parte del “cliente” y de los estudiantes.

La configuración obtenida se basa en un llantón de aluminio Ergal™ comercial para bicicletas, una llanta hecha de plafon de Hexlite™ 310 y unos bujes de aluminio 7075 (figura 4). El peso total incluyendo neumático era de 1090 g (la versión anterior pesaba 2100 g).

El documento entregado incluye los siguientes apartados: *Índice, Enunciado y discusión, Solicitaciones, Diseño del producto, presentación de alternativas y proceso de fabricación, Montaje, Presupuesto y distribuidores, Conclusiones, Planos, Anexos.*

Dentro del documento se especificaba el suministrador del material o pieza que se debería usar, el proceso de mecanizado (especificando forma de estacar la pieza y operaciones a realizar) y el proceso de montaje, con ilustraciones como la de la figura 5. También se presentaban alternativas al diseño, que permitían obtener una mayor reducción de peso, pero que no habían podido ser verificadas adecuadamente.

***Figura 5.- Ilustración del ensamblaje de la llanta.***

## **Conclusiones**

La realización de pequeños proyectos de ingeniería, fomenta la habilidad de resolución de problemas y trabajo en equipo de nuestros estudiantes, preparándolos para la futura incorporación al mundo laboral.

Si el proyecto escogido es adecuado, fomenta el interés de los estudiantes por el proyecto y la asignatura, fomentando su aprendizaje.

Si el número de matriculados de la asignatura lo permitiera, sería interesante encargar el mismo trabajo a varios grupos, y hacer una presentación competitiva del producto, donde la mejor solución fuese la más premiada (mejor evaluada).

Esto permitiría a los estudiantes ver diversas soluciones al mismo problema, y simular la interacción entre empresas (permitiendo la alternativa de cooperar y repartir beneficios, o competir por el mejor resultado).

La realización práctica de su proyecto, es una importante fuente de motivación para el estudiante. En nuestro caso, estas llantas tenían que incorporarse en el vehículo de la 20 Shell Eco Marathon, pero los plazos de entrega de los diversos proveedores lo impidieron.

## **6. Referencias.**

[1] “Normativa Académica Específica de l’EUETIB” EUETIB, Universitat Politècnica de Catalunya, 2003.